

- conference / Q. Yao, B. Beetner, D. Wunsch II и B. Osterloh. – P. 3157–3160. – Vol. 4, 2003.
4. Yao, Q. A RAM-Based Neural Network for Collision Avoidance in a Mobile Robotic в Neural Networks, Proc. of IEEE International Joint conference / Q. Yao, D. Beetner. – P. 3157– 3160. – Vol. 4, 2003.
5. Gupta, M. Collective Transport of Robots: emergent Flocking from Minimalist Multi-robot Leader-following в IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems / M. Gupta, J. Das, M. Vieira, H. Heidarrson, H. Vathsangam и G. Sukhatme, 2009.

Материал поступил в редакцию 21.12.12

#### DZIOMIN V.V., KABYSH A.S., DUNETS I.P., DUNETS A.P., GOLOVKO V.V. Using RAM-based networks for visual mark detection

In this paper we consider the problem of detection the graphic mark of leading robot in a leader following task. The detection method based on RAM-based is purposed. Trained RAM-based network keeps the features of a visual mark in different sectors regarding the slave robot. The network winner-discriminator will indicate the sector in which the leading robot present. The advantage of this approach is reducing the computational resources, so it can be used on platforms with low productivity.

УДК 004.5:621.38

Бутое А.А.

## МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ БУЛЕВОЙ ФОРМУЛЫ МНОГУГОЛЬНИКА В ДИЗЬЮНКТИВНОЙ НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЕ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРЕДИКАТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

**Введение.** В системах автоматизированного проектирования (САПР) топологии интегральных схем [1, 2] широко применяются способы описания геометрических объектов, основанные на использовании методов аналитической геометрии, векторной алгебры, теории матриц [1–5]. В последнее время появились альтернативные способы описания, основанные на использовании булевых формул: как в скобочной форме [6], так и в более привычной – дизьюнктивной нормальной форме [7, 8]. Простой и приемлемый на практике метод нахождения дизьюнктивной нормальной формы (ДНФ), описывающий прямоугольник, изложен в работе [8]. Однако недостаток этого метода заключается в том, что в найденную им формулу наряду с предикатными переменными, которые связаны с полуплоскостями, порождаемыми сторонами многоугольника, входят еще и дополнительные предикатные переменные, а также инверсии некоторых из них. В настоящей работе предлагается метод построения ДНФ многоугольника, свободный от этих недостатков и позволяющий в большинстве случаев получить более качественное решение, однако характеризующийся и более высокой вычислительной сложностью.

### 1. Основные определения, постановка задачи

Многоугольник, расположенный на плоскости, задается своей границей – замкнутой не пересекающейся ломаной линией, состоящей из отрезков прямых или *сторон* многоугольника. Эту границу можно определить последовательностью *угловых точек* или *вершин* многоугольника, получаемых при обходе его по границе справа:  $p_1, p_2, \dots, p_n$  (рис. 1, где  $n = 10$ ).

Так как каждая пара соседних угловых точек ограничивает соответствующую сторону многоугольника, то его границу можно задать также последовательностью сторон многоугольника:  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , где  $s_1 = (p_1, p_2)$ ,  $s_2 = (p_2, p_3)$ , ...,  $s_n = (p_n, p_1)$ .

Вершина  $p_1$ , которая служит начальной точкой для последовательного обозначения отрезков, образующих границу многоугольника, называется *начальной*. В качестве начальной будем выбирать вершину, наиболее удаленную от координатной оси  $X$  (если таких вершин несколько, то среди них выбирается вершина, наиболее удаленная от координатной оси  $Y$ ).

Каждой стороне  $s_i$  многоугольника поставим в соответствие ориентированную прямую  $v_i$ , содержащую точки  $p_i$  и  $p_{i+1}$ . Положим, что она ориентирована от  $p_i$  к  $p_{i+1}$ .

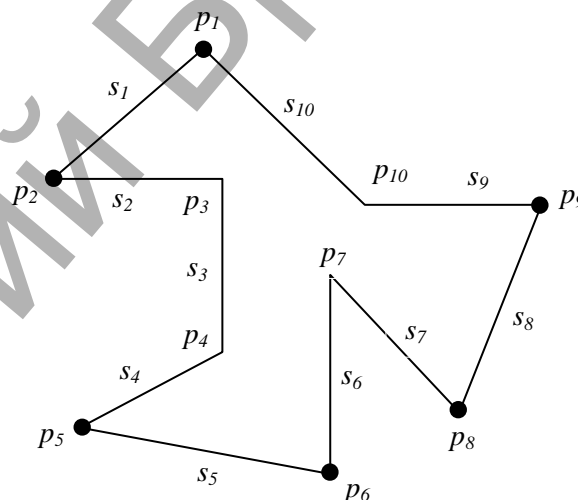


Рис. 1. Угловые точки и стороны многоугольника

Рассмотрим некоторую произвольную точку плоскости  $p$ , заданную парой декартовых координат  $(X, Y)$ . Будем считать, что точка  $p$  расположена *слева от прямой*  $v_i$ , если она принадлежит полуплоскости, расположенной слева от ориентированной прямой  $v_i$ , или лежит на прямой  $v_i$ . Все возможные варианты левостороннего расположения точки  $p$  относительно ориентированной прямой  $v_i$  представлены на рисунке 2 (последние два варианта соответствуют случаю, когда прямая  $v_i$  параллельна координатной оси  $X$ ).

Как и в работе [6], будем в дальнейшем обозначать отрезки ломаной буквами  $a, b, c, \dots$ , границу многоугольника как  $abc\dots$ , а полуплоскости, расположенные слева от соответствующих ориентированных прямых – буквами  $A, B, C, \dots$  (считая, что каждая из этих полуплоскостей включает в себя еще и все точки порождающей ее ориентированной прямой). Введем также предикаты  $a, b, c, \dots$  для описания положения некоторой точки  $p$  на плоскости, полагая, что  $a(p) = 1$ , если и только если  $p \in A$ .

Основываясь на таких предикатных переменных, в работе [6] описан метод построения скобочной булевой формулы  $F$ , представляющей многоугольник и обладающей следующим свойством: если выполнить подстановку предикатных координат произвольной точки плоскости, то

Бутое А.А., к.т.н., доцент кафедры экономической кибернетики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Беларусь, БГУИР, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.

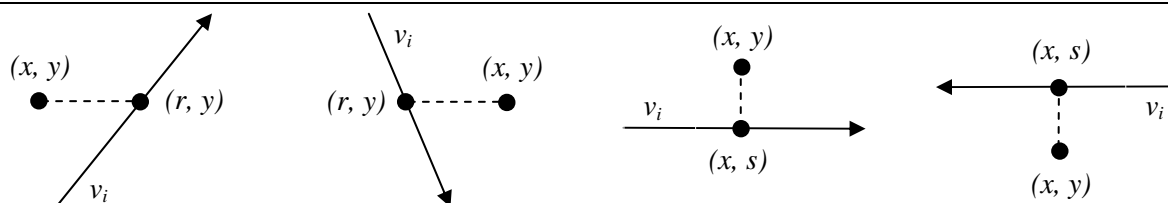


Рис. 2. Варианты ориентации точки относительно прямой

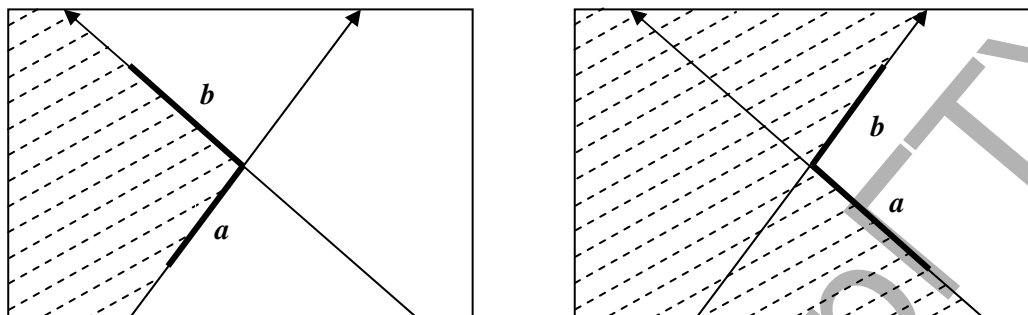


Рис. 3. Участки плоскости, ограниченные выпуклым (слева) и вогнутым (справа) углами

формула  $F$  примет значение 1 в случае, когда точка принадлежит данному многоугольнику, и значение 0 – в противном случае.

Аналогичная задача решается и в работах [7, 8], однако булева формула  $F$  там строится в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ).

В настоящей работе также предлагается метод нахождения булевой формулы многоугольника в ДНФ, однако он более простой по сравнению с методом из [7] и не требует использования дополнительных предикатных переменных (и инверсий некоторых из них), как в методе из [8], хотя и уступает последнему по вычислительной сложности.

## 2. Простые фрагменты границы многоугольника

Рассмотрим пару соседних отрезков  $a$  и  $b$ , задающую некоторый угол многоугольника. Если этот угол меньше 180 градусов, будем называть его *выпуклым*, иначе – *вогнутым*.

Пара ориентированных прямых, соответствующих отрезкам  $a$  и  $b$ , ограничивает участок плоскости, который можно представить формулой  $A \cap B$  в первом случае и формулой  $A \cup B$  – во втором случае (рис. 3).

Если все углы многоугольника будут выпуклыми, то такой многоугольник называется *выпуклым* (рис. 4). В этом случае булева формула многоугольника будет представлять собой конъюнкцию предикатных переменных:  $F = abcde$ .

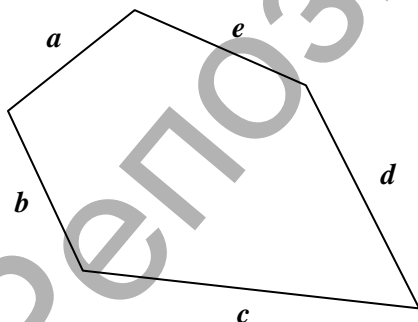
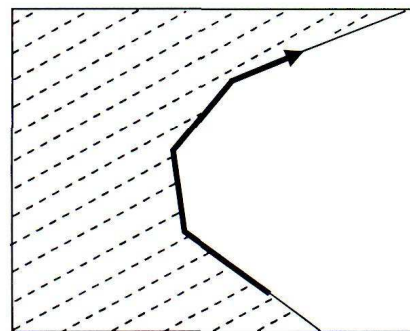
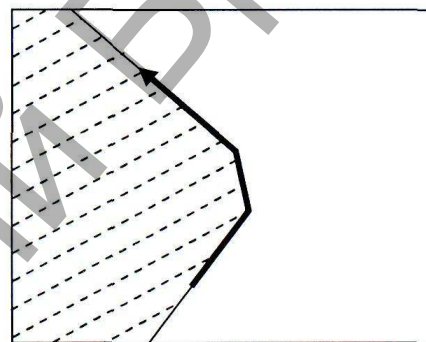


Рис. 4. Выпуклый многоугольник

В общем случае многоугольник может содержать как выпуклые, так и вогнутые углы. Последовательность следующих друг за другом выпуклых углов образует *выпуклый фрагмент* границы многоугольника, последовательность вогнутых углов – *вогнутый фрагмент*. При этом выпуклый фрагмент ограничивает участок плоскости, который представляется *пересечением* полуплоскостей, ограниченных отдельными ориентированными прямыми (рис. 5, а). Аналогично, вогнутый фрагмент представляется *объединением* таких полуплоскостей (рис. 5, б).



б)

Рис. 5. Фрагменты границы многоугольника: а) выпуклый, б) вогнутый

Таким образом, граница многоугольника будет состоять из чередующихся выпуклых и вогнутых фрагментов. Граница выпуклого многоугольника будет представлять собой замкнутый выпуклый фрагмент.

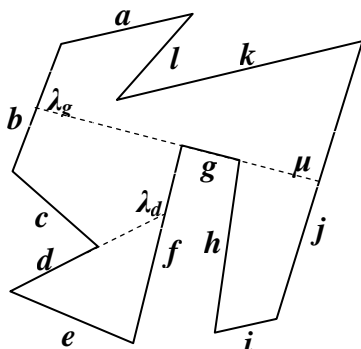
## 3. Элементы покрытия, порождаемые сторонами многоугольника

Будем говорить, что выпуклый многоугольник  $M^*$  является элементом покрытия многоугольника  $M$ , если все точки плоскости, которые принадлежат выпуклому многоугольнику  $M^*$ , принадлежат также и многоугольнику  $M$ .

Также будем говорить, что многоугольник  $M$  поглощает любой свой элемент покрытия  $M^*$ .

Опишем способ нахождения элементов покрытия многоугольника  $M$ , основанный на последовательном анализе его сторон.

Сначала будем рассматривать те стороны многоугольника, которые ограничены с обеих сторон выпуклыми углами. Такой стороной в многоугольнике  $M$  (рис. 6) является, например, сторона  $a$ .

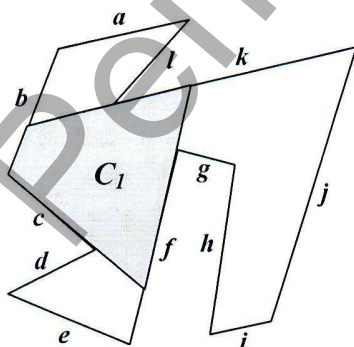
Рис. 6. Многоугольник  $M$ 

Начиная со стороны  $a$ , выполняем обход границы многоугольника  $M$  в прямом направлении (т.е. в направлении, задаваемом ориентированными прямыми, соответствующими сторонам многоугольника), придерживаясь следующего правила. Если при обходе встречается выпуклый угол, то выполняется переход по этому углу на очередную сторону многоугольника. Если же встречается вогнутый угол, то текущая сторона продлевается дальше до первого пересечения с другой стороной многоугольника, после чего выполняется переход на эту сторону и движение по ней в прямом направлении. Такой процесс обхода продолжается до тех пор, пока мы не окажемся на стороне многоугольника, которая уже была пройдена раньше. В результате граница обхода будет представлять собой контур или будет включать в себя контур. Так как направление движения изменялось только выпуклыми углами, то фигура, ограниченная найденным контуром, будет представлять собой выпуклый многоугольник и являться элементом покрытия многоугольника  $M$ . На рисунке 6 для стороны  $a$  граница обхода будет  $abc^+f^+k^+$  (индексом «+» помечена удлиненная сторона, индексом «±» помечены стороны, которые продлены с одной стороны и укорочены – с другой). Найденный при этом элемент покрытия  $C_1$  имеет границу  $bc^+f^+k^+$  (индексом «-» помечена укороченная сторона) и выделен серым цветом на рисунке 7, а.

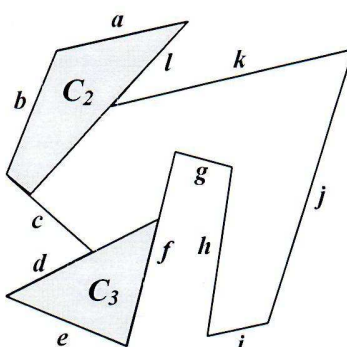
Однако обход границы при поиске элементов покрытия можно вести не только в прямом, но и в обратном направлении (т.е. в направлении, противоположном тому, которое задается ориентированными прямыми, соответствующими сторонам многоугольника).

Например, сторона  $a$  при обходе в обратном направлении порождает элемент покрытия  $C_2$  (рис. 7, б) с границей  $a^+c^+b$ .

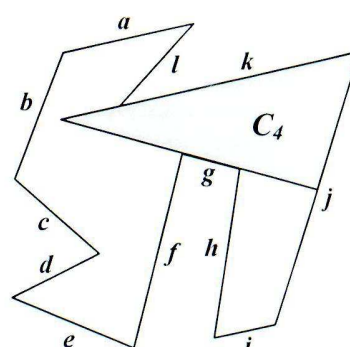
Теперь рассмотрим способ порождения элементов покрытия теми сторонами многоугольника, которые ограничены с одной стороны выпуклым, а с другой – вогнутым углами. В этом случае необходимо придерживаться следующего правила.



а)



б)



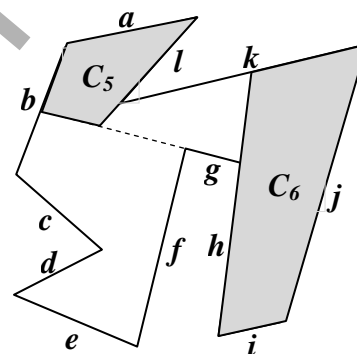
в)

Рис. 7. а) элемент покрытия  $C_1$ , б) элементы покрытия  $C_2$  и  $C_3$ , в) элемент покрытия  $C_4$ 

Если обход границы должен начинаться со стороны выпуклого угла, то способ порождения элемента покрытия остается тем же самым, что и был описан выше. Например, сторона  $c$  будет порождать элемент покрытия  $C_1$  с границей  $c^+f^+k^+b$ .

Если же обход границы должен начинаться со стороны вогнутого угла, то сначала нужно продлить соответствующую сторону многоугольника в направлении от вогнутого угла и найти первую точку пересечения с другой стороной многоугольника. Именно от этой точки пересечения и необходимо начинать обход границы. Например, сторону  $d$  многоугольника (рис. 6) нужно сначала продлить до пересечения со стороной  $f$  в точке  $\lambda_d$ , после чего, начиная с этой точки, выполнить обход по границе  $d^+ef$ . В результате будет найден элемент покрытия  $C_3$  (рис. 7, б).

Перейдем к рассмотрению способа порождения элементов покрытия теми сторонами многоугольника, которые ограничены с обеих сторон вогнутыми углами. В многоугольнике  $M$  единственной такой стороной является сторона  $g$ . Эту сторону нужно предварительно продлить в обоих направлениях до первого пересечения с другими сторонами многоугольника (соответствующие точки  $\lambda_g$  и  $\mu_g$  показаны на рисунке 6). С одной из этих точек (в прямом направлении – с точки  $\lambda_g$ , в обратном направлении – с точки  $\mu_g$ ) и необходимо начинать обход границы при поиске элементов покрытия. Таким образом, сторона  $g$  порождает элемент покрытия  $C_4$  (рис. 7, в) с границей  $g^+j^+k^+$  и началом обхода в точке  $\lambda_g$ , и элемент покрытия  $C_5$  (рис. 8) с границей  $g^+ba^+$  (индексом «~» помечен отрезок прямой, являющийся продолжением стороны  $g$ ) и началом обхода в точке  $\mu_g$ .

Рис. 8. Элементы покрытия  $C_5$  и  $C_6$ 

#### 4. Нахождение булевой формулы многоугольника в ДНФ

В работах [6, 7] показано, что булеву формулу любого многоугольника можно представить в ДНФ, которая соответствует покрытию многоугольника его выпуклыми компонентами-многоугольниками.

Выпуклые компоненты, покрывающие в совокупности все точки плоскости, принадлежащие многоугольнику  $M$ , находятся следующим образом:

- 1) последовательно перебираются все стороны  $s_1, s_2, \dots, s_n$  много-

угольника  $M$ , в результате чего находятся все порождаемые ими элементы покрытия, которые образуют множество  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ ;

2) из множества  $C$  удаляются все те элементы, которые поглощаются какими-либо другими элементами того же множества.

После этого все оставшиеся элементы множества  $C$  заменяются представляющими их конъюнкциями соответствующих предикатных переменных. Тогда дизъюнкция этих конъюнкций и даст искомую булеву формулу многоугольника в ДНФ.

Изложенный метод проиллюстрируем на примере многоугольника, изображенного на рисунке 6.

Если обход границы вести в прямом направлении, то сторона  $a$ , как было показано выше, порождает элемент покрытия  $C_1$  с границей  $b^*c^*f^*k^*$ . Тот же самый элемент покрытия порождают стороны  $b$ ,  $c$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $i$ ,  $j$ . Сторона  $d$  порождает элемент покрытия  $C_3$  с границей  $d^*ef$ , а сторона  $g$  – элемент покрытия  $C_4$  с границей  $g^*j^*k^*$ . Сторона  $h$  порождает элемент покрытия  $C_5$  с границей  $h^*ijk$ , а сторона  $l$  – элемент покрытия  $C_2$  с границей  $l^*abc$ .

Если обход границы вести в обратном направлении, то сторона  $a$  порождает элемент покрытия  $C_2$  с границей  $al^*cb$ , а сторона  $b$  – тот же самый элемент покрытия с границей  $bal^*c$ . Стороны  $c$  и  $l$  порождают элемент покрытия  $C_2$  с границами  $cbal^*$  и  $l^*cba$  соответственно, а стороны  $d$  и  $f$  – элемент покрытия  $C_3$  с границами  $d^*fe$  и  $f^*ed^*$  соответственно. Сторона  $e$  порождает элемент покрытия  $C_3$  с границей  $ed^*f$ , а стороны  $i$  и  $j$  – элемент покрытия  $C_6$  (рис. 8) с границами  $ih^*kj$  и  $jih^*k$  соответственно. Сторона  $h$  порождает элемент покрытия  $C_6$  с границей  $h^*kji$ , а сторона  $g$  – элемент покрытия  $C_5$  с границей  $g^*bal^*$ .

Тем самым будет найдено множество  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_6\}$ , содержащее все возможные элементы покрытия многоугольника  $M$ . Так как элемент  $C_5$  поглощается элементом  $C_2$ , то он удаляется из множества  $C$ .

В результате булева формула многоугольника в ДНФ будет иметь следующий вид:

$$F = bcfk \vee alcb \vee def \vee hijk \vee gjk.$$

**Заключение.** Предложен приемлемый на практике метод решения задачи построения булевой формулы многоугольника в дизъюнктивной

нормальной форме. Метод основан на последовательном формировании выпуклых компонент, которые представляют в искомой формуле отдельные элементарные конъюнкции и покрывают в совокупности все точки плоскости, принадлежащие исходному многоугольнику.

Достоинством метода является присутствие в полученной формуле только тех предикатных переменных, которые связаны с полуплоскостями, порождаемыми лишь сторонами многоугольника.

Необходимо отметить, что направление исследований, связанное с представлением многоугольников булевыми формулами, открывает новые возможности для решения широкого круга оптимизационных задач, например в области топологического проектирования интегральных схем, путем использования развитого аппарата булевой алгебры.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шестаков, Е.А. Автоматизированная система подготовки информации для формирования фотошаблонов / Е.А. Шестаков, А.А. Бутов, Т.Л. Орлова, А.А. Воронов // Искусственный интеллект. – Украина: Донецк. – 2008. – № 4. – С. 200–207.
2. Фейнберг, В.З. Геометрические задачи машинной графики больших интегральных схем – М.: Радио и связь, 1987. – 178 с.
3. Ласло, М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++ / Пер. с англ. – М.: БИНОМ, 1997. – 304 с.
4. Препарата, Ф. Вычислительная геометрия: введение / Ф. Препарата, М. Шеймос / Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 478 с.
5. Никулин, Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 576 с.
6. Закревский, А.Д. Канонические булевы формулы многоугольников // Информатика. – 2009. – № 2. – С. 93–101.
7. Поттосин, Ю.В. Использование булевых функций для представления многоугольников / Ю.В. Поттосин, Е.А. Шестаков // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – № 2(3). – С. 106–115.
8. Бутов, А.А. Простой метод нахождения булевой формулы многоугольника в дизъюнктивной нормальной форме // Вестник Брестского государственного технического университета. Физика, математика, информатика. – 2011. – № 5. – С. 48–51.

Материал поступил в редакцию 06.12.12

#### BUTOV A.A. The method of finding a Boolean formula of a polygon in the disjunctive normal form, without the used of additional predicate

A feasible in practice method of the solution of the constructing a Boolean formula of a polygon in the disjunctive normal form is proposed. The method is based on a sequential formation of convex components, which represent in the desired formula individual elementary conjunctions and cover in aggregate all the points of the plane belonging to the original polygon.

The advantage of the method is the presence in the resulting formula only the predicate variables that are associated with the half-planes generated only by the sides of the polygon.

The method can be used, in particular, in the systems computer-aided design of integrated circuits topology.

УДК 004.514.62

Чеусов А.В.

### БАЗОВЫЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОР PROSAO И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Современные информационные технологии еще более обострили актуальность автоматической обработки текстовых документов. К традиционным задачам информационного поиска, машинного перевода, классического реферирования добавились задачи автоматической классификации текстовых документов, автоматизации инженерии знаний, интерфейса на естественных языках (ЕЯ) и cross-language функциональности, пользовательски-ориентированного реферирования, прагматического анализа (sentiment analysis или opinion mining) и т.д. Используемые при их решении средства лингвистической обработки, как правило, являются проблемно-зависимыми и, в силу этого, зачастую сильно ограниченными по своей функциональности и недостаточно проработанными с точки зрения качественных показателей, что, в целом, не соответствует их

эффективному использованию и дальнейшему развитию.

Учитывая, что ряд процедур лингвистической обработки текста, а именно его анализа, являются общими для многих приложений, нами сформулирована концепция базового лингвистического процессора (БЛП) [1] и определена его функциональность, которая, в отличие от существующих ЛП, является универсальной по отношению к различным ЕЯ и задачам их обработки, включает лексический, лексико-грамматический, синтаксический и семантико-синтаксический анализ текста и обеспечивает построение его формальной, семантико-синтаксической структуры, ориентированной на распознавание в тексте знаний основных типов, и, в силу этого,

Чеусов Алексей Владимирович, ведущий программист ИП «Инвеншн Машин».

Физика, математика, информатика